

rast in razvoj – oblikovanje možganov (centralnega živčnega sistema) ploda. Doslej je veljalo prepričanje, da možgani uravnavajo in določajo ter povsem obvladujejo gibanje ploda v maternici, danes pa vemo, da velja tudi obratno: gibanje odločilno vpliva na zarodkove možgane (njihove strukturne značilnosti in funkcionalne sposobnosti). Kar pomeni, da procesi potekajo po sistemu povratne zanke. Navdušeni nad ugotovitvami svojih irskih kolegov so se ameriški znanstveniki odločili preveriti še vpliv tele-

sne dinamike in gibanja bodoče matere na razvoj možganov oziroma centralnega živčnega sistema svojega še nerojenega otroka. Še neodgovorjeno pa ostaja tudi eno ključnih vprašanj o vplivu družbenega okolja na gibalno dejavnost človeka – so pomembnejši dedni dejavniki (genotip) ali dejavniki okolja (fenotip) in kakšno je razmerje njunega vpliva.

Viri: *Science, Scientific American, Time.*

Nina Mazi

Biotška raznovrstnost • Rastlinske vrste in njihove morfološke posebnosti – kazalci nekdanjega gospodarjenja s krajino?

Rastlinske vrste in njihove morfološke posebnosti – kazalci nekdanjega gospodarjenja s krajino?

Andrej Paušič



Vinomerski stelniki med Metliko in Drašiči. Belokranjski stelniki dajejo pokrajini poseben pečat. Kot posledica opuščanja tradicionalnih tehnik kmetovanja in zaradi izseljevanja prebivalstva (med prvo in drugo svetovno vojno in v obdobju po letu 1954) se stelniki danes zaraščajo. Stelnik je zanimiv tudi z vidika ekoloških prilagoditev rastlinskih vrst, ki v njem uspevajo. Kombinacija stresa (pomanjkanje svetlobe v zeliščnem sloju) in motnje (košnja stelje) ugaja številnim travniškim in gozdnim vrstam zeli. Foto: Andrej Paušič.

Družbene in gospodarske spremembe v zadnjih dvesto letih imajo velik vpliv na opuščanje tradicionalnih tehnik kmetovanja in posledično vplivajo na zaraščanje pašnih in travniških površin. Hkrati z zaraščanjem nekdanj obdelovane krajine danes opažamo širjenje gozdnih površin in grmišč, s tem pa se spreminja vrstna sestava oziroma pestrost na območju zaraščanja.

Kaj pa morfološke in ekološke značilnosti rastlinskih vrst? So lahko njihove prilagoditve v zaraščeni krajini pokazatelj izbire prostora nekoč? Ali drugače: lahko zgolj po morfoloških in ekoloških prilagoditvah rastlinskih vrst sklepamo o času opustitve kmetijske rabe na določenem območju?

Morfološke in ekološke značilnosti kot dober kazalec pretekle vloge krajine

Spremembe vegetacije in biotske raznovrstnosti ovrednotimo največkrat s spremembo njene vrstne sestave. Prizadevanja za natančnejšo oceno vplivov sprememb zemljiške izrabe na vrstno sestavo in ekosistemsko strukturo (na regionalni in globalni ravni) so sprožila številna merjenja rastlinskih funkcijskih in morfoloških znakov in prepoznavanja rastlinskih tipov, ki so odraz podnebnih in morfoloških prilagoditev (Garnier s sod., 2004; Čarni s sod., 2007; Řehunková in Prach, 2010; Saatkamp s sod., 2010).

Za poglobljeno statistično analizo so nujno potrebni podatki o rastlinskih znakih (na primer dolžini prilistov, velikosti in barvi venčnih listov, funkcionalnem rastlinskem tipu) in podatek o njihovem hkratnem pojavljanju pri nesorodnih taksonih glede na ekološke razmere, v katerih ti uspevajo. Rastlinski znaki neposredno opisujejo ekološko vlogo in strategijo vrst. Razmerje med velikostjo semen in številom semen, ki jih določena rastlinska vrsta v svojem reprodukcijskem ciklu ustvari, je lep primer prilagoditve znakov. Iz velikih semen kalijo robustni in zdravi osebki, tako seme pa lahko preživi tudi neugodne okoljske razmere. Nasprotno pa ima vrsta v okolju, kjer vlada močno tek-

movanje (kompeticija), boljše možnost razširjanja, če tvori veliko manjših semen. Taka strategija razširjanja vrst je lahko merljiva, če torej poznamo ključni rastlinski znak (težo in velikost semena). Rastlinski znaki opredeljujejo ekološko nišo vrste in narekujejo njeno življenjsko strategijo.

V statistiki take navezanosti in povezave merimo največkrat z metodami korelacije. Do danes skupne skladne klasifikacijske metode za analizo znakov ne poznamo (Nygaard in Ejrnaes, 2004).

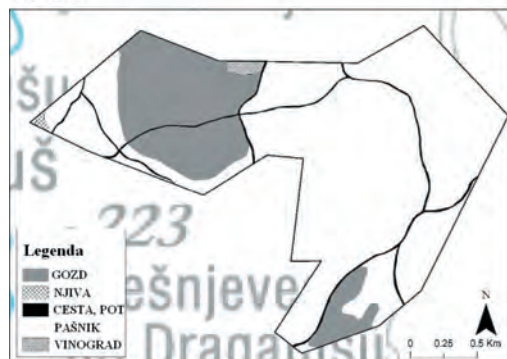
Če upoštevamo, da so rastlinske vrste različno prilagojene na okoljske dejavnike (zaradi drugačnih genetskih lastnosti), človek pa lahko posega v njihove življenjske prostore s samimi posegi v krajino, je ključno, da razumemo tudi posledice spreminjanja zemljiške izrabe (še posebej na območjih, kjer ima človekov poseg v okolje in prostor daljšo zgodovino).

Pojav sekundarne sukcesije je precej pogost v Sloveniji še posebej v zadnjih sedemdesetih letih zaradi sprememb izrabe obdelovalnih površin, ki so posledica preseljevanja prebivalstva z robnih območij države v urbana središča in večja mesta. Sekundarna rastlinska sukcesija je proces, ki zmeraj vodi (kot tudi primarna sukcesija) v ekološko obstojnejše združbe (Braun-Blanquet, 1964). Razlika med primarno in sekundarno sukcesijo je, da slednjo zmeraj sproži dogodek, okoljska motnja, na že zaraščenem ozemlju (vetrolom, požar, zmanjšan človekov vpliv na območju). Primarna sukcesija poteka praviloma na še neposeljenih območjih (območjih, na novo prekritih z lavo po magmatiskem izbruhu iz ognjenika, in podobno)

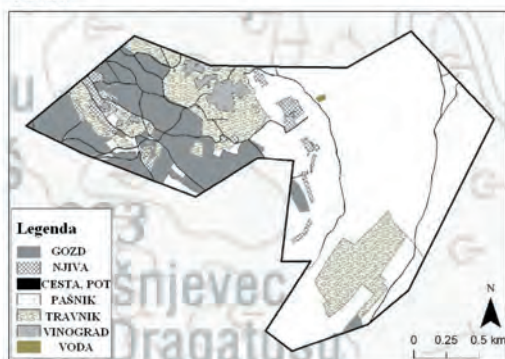
Iz teorije v prakso. Primer Bele krajine

Še posebej jugovzhodni del Slovenije je podvržen procesu zaraščanja, ki je posledica izseljevanja krajevnega prebivalstva. Tako nekdanj kmetijske površine danes zarašča gozd. Za območje lahko ugotovimo tri večje tokove izseljevanja: prvi val v začetku dvajsetega stoletja v države zahodne Evrope in v Ame-

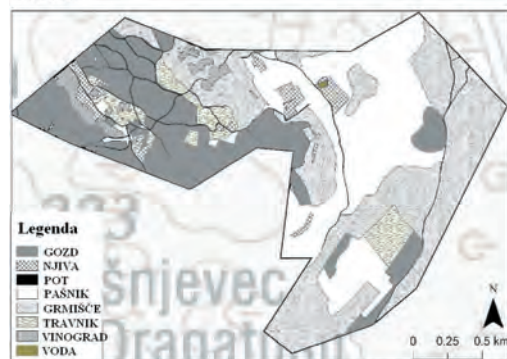
1790



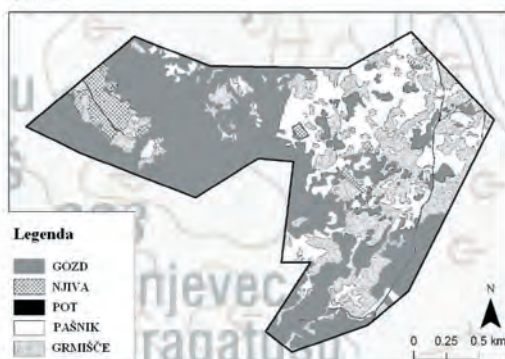
1823



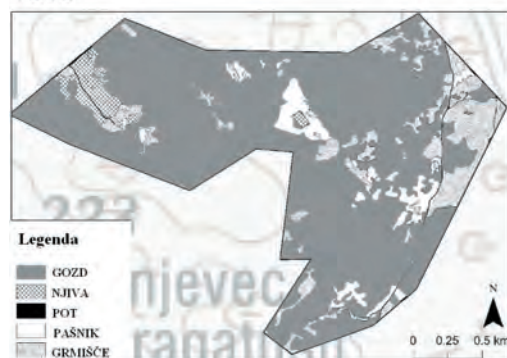
1913



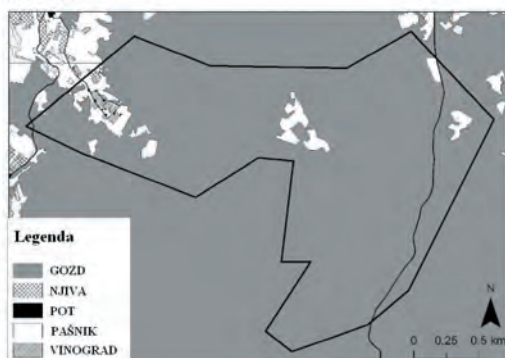
1954



1986



2009



Slika 1: Zaporedje digitaliziranih katastrskih načrtov, vojaških kart in letalskih posnetkov (za leto 1790, 1823, 1913, 1954, 1986 in 2009). Prikazano je območje med vasi Butoraj in Tribuče.

Avtor: Andrej Paušič.

riko, drugi val v obdobju druge svetovne vojne, tretji val pa zaradi zaostale industrializacije v šestdesetih letih, ko se je prebivalstvo odselilo v večja industrijska središča. Intenzivnost kmetijske rabe in zaraščenost območja sta se v Beli krajini precej spremenjala v obdobjih migracijskih valov (v za-

dnjih dvesto letih). To dejstvo nam potrjuje tudi primerjava popisov različno starih sukcesijskih stopenj (stadijev) gozda na območju Bele krajine (popisi travniške vegetacije, gozdne vegetacije, grmišč).

V prispevku želimo podrobneje analizirati spremembe morfoloških in ekoloških značilnosti rastlinskih vrst med zaraščanjem oziroma njihovo odvisnost od stopnje zaraščenosti. Zato moramo poznati tudi natančne podatke o starosti posamezne kmetijske površine, na kateri se nahaja posamezni floristični popis (dolžini časovnega obdobja po opustitvi kmetijske obdelave). Kako pridemo do teh podatkov?

Osnova so stari katastrski načrti in letalski (ortofoto) posnetki

V Sloveniji imamo kakovostno katastrsko gradivo. Že leta 1784 (1790) je bila namreč za naše območje izdelana Jožefinska vojaška karta, nato pa še Franciscejski kataster (1823) in vojaška karta iz leta 1913. Od leta 1954 dalje so bila na posameznih območjih Slovenije izvedena ciklična letalska snemanja (1954, 1975, 1986, 1999, 2009). S tehniko prekrivanja že digitaliziranih katastrskih načrtov in letalskih posnetkov (slika 1) določimo popisnim ploskvam natančno starost oziroma čas od opustitve obdelave kmetijske površine na popisni ploskvi in določimo čas od začetka zaraščanja zemljišč.

Sledi natančen popis rastlinskih vrst na opazovanem območju in analiza podatkov.

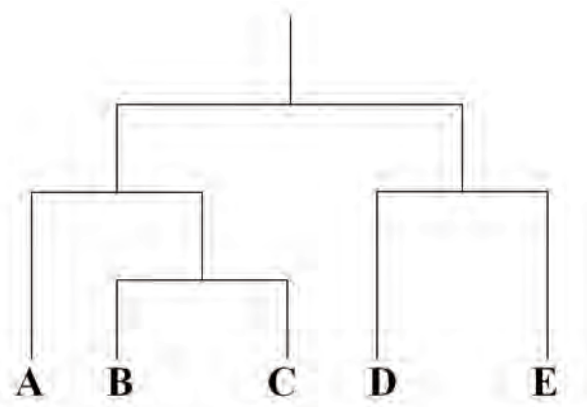
V Beli krajini smo opazovali spreminjanje naslednjih morfoloških in ekoloških rastlinskih znakov v odvisnosti od nekdanje kmetijske rabe:

1. način razmnoževanja rastlinskih vrst,
2. oblika in anatomija listov,
3. oblika plodov,
4. barva cvetov,
5. življenjska oblika rastlin,
6. ekološka strategija vrste.

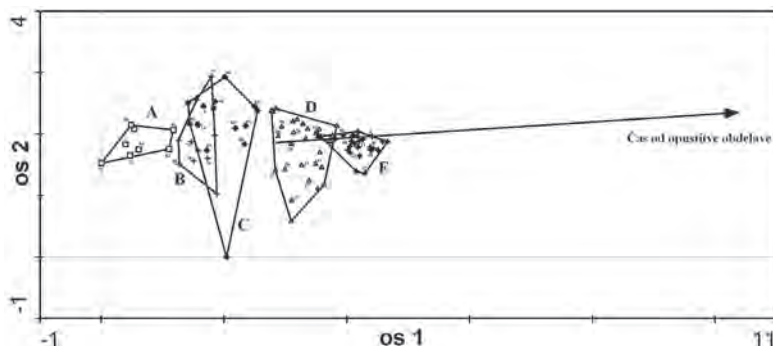
Ekološko strategijo vrste smo ugotavljali z Grimeovo trikotniško ordinacijo ali CSR-trikotniki rastlinskih strategij (Grime, 1997). Rastlinska (vrstna) strategija je skup ekoloških posebnosti vrste, ki omogoča razmnoževanje vrste in njen obstoj. Vrstne strategije se nanašajo na način pridobivanja vode, hranil iz tal, poseljevanje življenjskih prostorov (habitatov). Grime je izdelal ekološko razvrstitev rastlin na podlagi tega, kako se vrste soočajo s stresom v okolju in z motnjami. Grimeovi trikotniki opisujejo vsako rastlinsko vrsto s kombinacijo ekoloških življenjskih strategij ali zgolj eno samo. Poznamo tri osnovne rastlinske strategije: C - kompetitor (take vrste uspevajo v razmerah majhnega stresa in majhne okoljske motnje), S - stresni tolerator (vrste uspevajo pri velikem okoljskem stresu in majhnih motnjah na rastišču) in R - ruderalne vrste (vrste uspevajo pri majhnem stresu in velikih motnjah).

Stres po Grimeu so vsi dejavniki okolja, ki omejujejo produkcijo (recimo suša, mraz), motnja (disturbanca) pa so dogodki in procesi, ki odstranjujejo živo biomaso (košnja, paša).

Slika 2: S klastersko analizo smo popise razdelili v pet skupin, ki se ujemajo z opisanimi starostnimi kategorijami gozdnih sestojev v Beli krajini.



Slika 3: DCA-analiza popisov kaže razporeditev popisov v pet skupin (A-E), ki se ujemajo z opisanimi gručami starosti gozdnih združb.



Klasterška analiza nam omogoča analizo florističnih popisov po vrstni sestavi gozdnega sestoja (grmišča, travišča, njive). Dobili smo pet gruč (A, B, C, D in E). Popisi s traviščno vegetacijo so bili uvrščeni v gručo A. Gruča E predstavlja popise z gozdno vegetacijo, starejšo od devetdeset let. B, C in D so popisi faz zaraščanja iz stanja A v E (slika 2).

Opravili smo analizo multivariatne metode korespondenčne analize oziroma DCA (ang. detrended correspondence analysis), pri kateri smo opazovali položaj popisov v dvodimenzionalnem prostoru. Os 1 predstavlja kar časovni gradient v prostoru (čas od opustitve nekdanje kmetijske rabe) (slika 3). Izračunali smo regresijske koeficiente opazovanih spremenljivk (rastlinskih znakov) in merili njihovo korelacijo z osjo 1, ki predstavlja časovno os (časovna spremenljivka) (tabela 1).

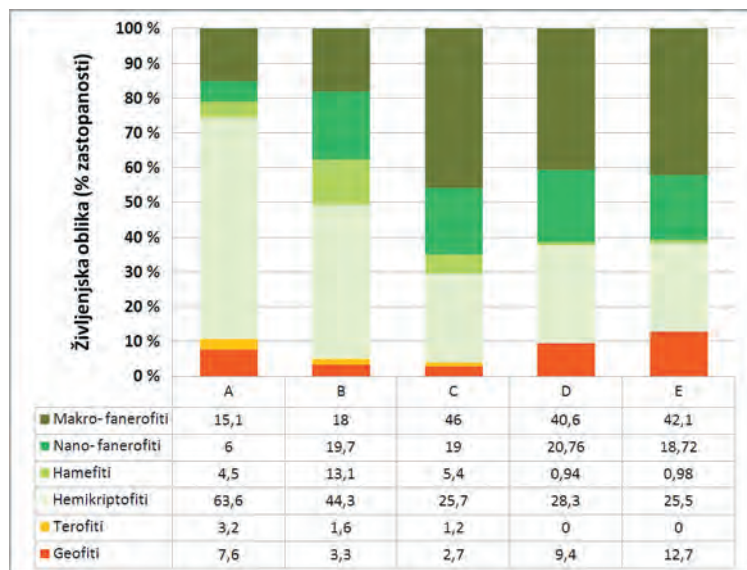
Rezultati

Rezultati raziskave kažejo, da se rastlinska združba spreminja v smeri najbolj optimalnega prilagajanja okoljskim in ekološkim razmeram v času. Zato se z zaraščanjem precej hitro spreminjajo tudi njena vrstna sestava in pogostost pojavljanja posameznih vrst ter morfološke značilnosti vrst (območje naselijo vrste z drugačnimi morfološki značilnostmi, ki so bolj prilagojene na spremenjene ekološke razmere).

Ena izmed lastnosti, ki je še posebej zna-

čilna za gozde vrste, je sposobnost vegetativnega razmnoževanja s stoloni ali pritlikami. To dejstvo potrjuje tudi vrednost izračunanega *Spearmanovega* koeficienta, ki prikazuje povezanost ali korelacijo izbranega rastlinskega znaka ali ekološke značilnosti vrste s prvo osjo (čas od opustitve kmetijske obdelave) v DCA. Ta znaša 0,393 (**) in je pozitiven, kar pomeni, da se število takih vrst s starostjo sestoja povečuje. Takšen primer sta vrsti velecvetna zvezdica (*Stellaria holostea*) in navadni jagodnjak (*Fragaria vesca*). Omenjena značilnost je posebnost kompetitorjev, ki so pogostejši v gozdovih kot na odprtih traviščih.

Travniške vrste se (v nasprotju z gozdnimi) najpogosteje razmnožujejo s semeni, torej spolno. Vrednost izračunanega *Spearmanovega* koeficienta za omenjeni rastlinski znak je negativna (-0,335 *), kar nakazuje manjšanje števila takih vrst s starostjo gozdnega sestoja. S starostjo gozdnega sestoja se večja tudi število vrst s higromorfnimi listi (0,514 **). Za higromorfen list so značilne nežne strukture, taki listi so značilni za senčne (skiofilne) vrste, ki so prilagojene na senčna in vlažnejša rastišča. Kutikula in povrhnjica lista sta pri omenjenem anatomskem tipu zelo tanki. Take vrste najdemo v starejših senčnatih gozdovih (njihova starost je več kot 45 let) v zeliščnem sloju. Navadna ciklama (*Cyclamen purpurascens*), navadna zvezdica (*Stellaria media*) in nekateri predstavniki iz rodu zlatice (*Ranunculus*) so predstavniki vrst s higromorfnimi listi.



Slika 4: Spreminjanje življenjskih oblik rastlinskih vrst po stopnji zaraščenosti. Kategorija A predstavlja traviščne združbe, kategorija E gozd, starejši od 90 let, B, C in D pa so vmesne sukcesijske stopnje (faze).

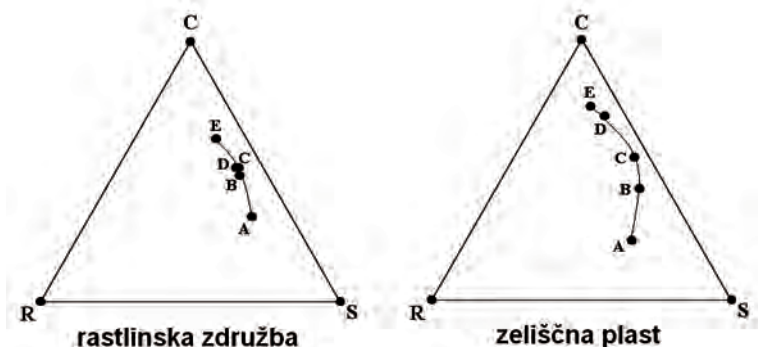
Nasprotno skleromorfne liste obdaja debela kutikula. Velikokrat vsebujejo takšni listi dodatne morfološke strukture za zadrževanje in zmanjšano izhlapevanje vode iz listov (laski, ugreznjene listne reže, voski). Na travniku so pogostejše rastlinske vrste s skleromorfnimi listi (-0,641*).

Med različnimi stadiji zaraščenosti opažamo tudi spreminjanje barve cvetov in socvetij. V gozdu (starem več kot 45 let) uspeva največ vrst s cvetovi svetlih barvnih odtenkov (bela, rumena) (0,332**). Lep primer takih vrst so podlesna vetrnica (*Anemone nemorosa*), šmarnica (*Convallaria majalis*), dvolistna senčica (*Maianthemum bifolium*), češnja (*Prunus avium*), dišeča lakota (*Gallium odoratum*). Na negozdnih, travniških površinah prevladujejo vrste z živimi barvami cvetov (rdeča, vijoličasta) (-0,499 **). Bela barva je v ultravijoličnem spektru sijoče modra in je tako opraševalcem bolje vidna v gosti podrasti pri že tako omejeni svetlobi (Chittka in Raine, 2006; Miller s sod., 2011).

Med gozdnimi vrstami se pogosto pojavljajo vrste z eno- ali več semenskimi jagodami (0,344 **), torej vrste z značilno mesnato strukturo, ki se ob zrelosti ne razpoči ali odpre. Take vrste so zeleni jagodnjak (*Fra-*

garia viridis), nava-dni volčin (*Daphne mezereum*), šmarnica (*Convallaria majalis*), volčja jagoda (*Paris quadrifolia*) in mnogocvetni salomonov pečat (*Polygonatum multiflorum*).

V nasprotju z gozdovi pa najdemo na traviščih vrste s plodovi v obliki kapsul (-0,663 **), torej take, katerih semena se prosto raztrosijo. Primer take vrste je poljski mak (*Papaver rhoeas*). Sama oblika plodov je povezana z biologijo razširjanja. V gozdovih so tako jagode prilagojene razširjanju z živalmi (kot hrana), medtem ko imajo vrste na odprtih pašnikih razvito strategijo prenašanja z oprijemanjem na prenašalce (vektorje) ali izpadanjem neposredno iz semen, osemjenja ali kapsul (Řehunková in Prach, 2010). S spreminjanjem združbe se spreminjajo tudi najpogostejše življenjske oblike vrst (Raunkiaer, 1937). Tako prevladujejo na odprtih površinah zelne trajnice, ki obnavljajo nadzemne dele z brsti pri tleh, pogosto pokritimi z odmrliimi rastlinskimi deli (hemikriptofiti), in zelne trajnice, katerim periodično odmirajo vsi nadzemni deli, trajni del telesa z brsti pa se ohranjajo v tleh (geofiti). Z zaraščanjem pa je hemikriptofitov čedalje manj. V gozdnem sestoju, starejšem od devetdeset let, prevladuje življenjska oblika rastlin (makro)fanofit (visoka drevesa), terofiti (enoletnice) pa izginejo iz sestoja v gozdovih, ki so starejši od 45 let. Podobno



Slika 5: Spreminjanje ekoloških strategij pri rastlinah v sekundarni sukcesiji. Stadij A predstavlja travniške vrste, stadij E gozd, starejši od 90 let. Vmes so prehodne faze (B, C, D).

Celotna rastlinska združba je med sukcesijo (zaraščanjem odprti površin v sklenjeni gozdni sestoji) spremenila svojo strategijo. V prvi fazi zaraščanja pašnikov in travnikov združbo sestavljajo vrste s hitro rastjo in reprodukcijo v motenih življenjskih prostorih (košnja, pašja). Združbo v zadnjem stadiju sestavljajo predvsem vrste z velikim rastno zmoglostjo (kompetitorji), ki poseljujejo nemoten življenjski prostor. Avtor: Andrej Paušič.

je s hamefiti (polgrmiči), ki zaradi sklenjenega sloja fanerofitov v starejših gozdovih ne morejo več uspevati (slika 4).

Kaj pa sprememba ekološke strategije vrst skozi faze zaraščanja? Opazovali smo spreminjanje strategije vrst celotne združbe v opazovanih časovnih obdobjih (A, B, C, D in E) ter spreminjanje strategije samo zeliščnega sloja.

Na traviščih in travniščih v zaraščanju prevladujejo večinoma vrste s strategijo stresni tolerator in stresni tolerator-kompetitor S-CS (kombinacija značilnosti med pravimi stresnimi toleratorji in kompetitorji) (slika 5).

Med procesom zaraščanja (po desetih letih) opazimo, da se opazovane združbe čedalje bolj pomikajo v trikotniku C-S-R proti zadnjem sukcesivnem stadiju (E, povprečna starost gozda 90 let). Za to združbo je



Opuščen vinograd, Vinišče. Nekoč obdelane terase danes prerašča sklenjeni gozdni sestoj, star približno 35 let.

Foto: Andrej Paušič.



Široka krošnja in razrast dveh gradnov (Quercus petraea) pričata o njunem nekoč precej bolj odprtem rastišču (pašnik), ki se je zaradi ukinitve paše pred desetimi leti zaraslo. Danes razen redkih travniških vrst zeli v sestoji in debeline drevesnih debel skorajda ni dokazov, ki bi nakazovali na do nedavnega odprto krajino.

Foto: Andrej Paušič.

značilno, da jo sestavljajo vrste C-CS, torej vrste, pri katerih je tekmovalno (kompeticijska) prevladujoča ekološka strategija. To je značilno za gozd, starejši od 90 let.

Dodatno smo analizirali spreminjanje strategije samo zeliščnega sloja med sekundarno sukcesijo. Iz slike 5 je razvidno, da so razlike med posameznimi stadiji večje, če opazujemo samo zeliščno plast.

Sklep

Po opustitvi tradicionalnega gospodarjenja na travnikih ali pašnikih se zaradi spremenjenih ekoloških dejavnikov začnejo priseljevati vrste iz okolice. Po nekaj letih se ne spremeni le vrstna sestava združbe, ampak

tudi ekološka strategija, način razmnoževanja, trajanje cvetenja, morfologija in oblika cvetov vrst, ki sestavljajo spremenjeno združbo. Vrste nadomestijo tiste, ki so novim ekološkim razmeram najbolj prilagojene.

Omenjene spremenjene morfološke prilagoditve rastlin so dober kazalec ne le trenutnega stanja v okolju, ampak nakazujejo tudi sukcesijski stadij združbe in so tako lahko dober pokazatelj ocene nekdanjega gospodarjenja v krajini.

Literatura:

- Braun - Blanquet, J., 1964: *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 1. Edition. Dunaj: Springer Verlag.
- Chittka, L., Raine, E., N., 2006: *Recognition of flowers by pollinators*. *Current Opinion in Plant Biology*, 9: 428–425.
- Čarni, A., Košir, P., Marinšek, A., Šilc, U., Želnik, I., 2007: *Changes in structure, floristic composition and chemical soil properties in a succession of birch forests*. *Periodicum biologorum*, 109: 13–20.
- Garnier, E., Laurent, G., Bellmann, A., Debain, S., Berthelie, P., Ducout, B., Roumet, C., Navas, M. L., 2004: *Consistency of species ranking based on functional leaf traits*. *New Phytologist*, 152: 69–83.
- Grime, J. P., Thompson, K., Hunt, R., Hodgson, J. G., Cornelissen, J. H. C., 1997: *Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants*. *Oikos*, 79: 259–281.
- Miller, R., Owens, S. J., Rorslett, B. 2011: *Plants and colour: Flowers and pollination. Optics and Laser Technology* 43: 282–294.
- Nygaard, B., Ejrnaes, R., 2004: *A new approach to functional interpretation of vegetation data*. *Journal of Vegetation Science*, 15: 49–56.
- Raunkiaer, C., 1937: *Planterigets Livsformer og deres Betydning for Geografien*. Kopenhagen: Kristiania.
- Řehunková, K., Prach, K., 2010: *Life-history traits and habitat preferences of colonizing plant species in long-term spontaneous succession in abandoned gravel-sand pits*. *Basic and Applied Ecology*, 11: 45–53.
- Saatkamp, A., Römermann, C., 2010: *Plant Functional Traits Show Non-Linear Response to Grazing*. *Folia Geobotanica*, 45: 230–252.



Andrej Paušič se je rodil leta 1983. Leta 2008 je diplomiral na biologiji in geografiji na Filozofski fakulteti v Mariboru. Od leta 2008 je zaposlen kot mladi raziskovalec na Biološkem inštitutu Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti.

Tema njegove doktorske naloge je študija faz razvoja sekundarne sukcesije, vrstne pestrosti in sprememb krajinske strukture v Beli krajini. Avtor se ukvarja tudi z rastlinsko taksonomijo, fitocenologijo, krajinsko ekologijo, metodami daljinskega zaznavanja in uporabo geografskih informacijskih sistemov v ekologiji.

Ekologija • Klopi

Klopi

Maja Gračner

Klope je kot nagnusne zajedavske živali opazil že Aristotel. Leta 1893 so ameriški raziskovalci odkrili, da so klopi pomembni prenašalci bolezni. Predvsem zaradi bolezni, ki jih prenašajo klopi, se zadnja desetletja vse več pozornosti namenja njihovem preučevanju. V tej številki bodo predstavljene evolucija in sistematika klopov, družina trdih klopov (Ixodidae), njihove osnovne morfološke značilnosti, razvoj in okolje, v katerem živijo, ter nadzor številčnosti klo-

pov. V prihodnji številki pa bodo predstavljeni gostitelji klopov, gospodarski in zdravstveni pomen klopov ter njihovi naravni sovražniki.

Evolucija in sistematika klopov

Klopi naj bi se pojavili v poznem paleozoiku ali v začetku mezozoika pred 225 milijoni let, ko so zajedali na plazilcih. Začetek pojavljanja je težje oceniti, saj so fosili klopov znani predvsem iz obdobja eocena in zgodnjem ter-